



УДК 595.764

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ДЕЗИНСЕКЦИИ ЗЕРНА

А. А. Мищенко¹ А. Т. Куцан¹

О. А. Малинин¹

Б. Т. Стегний¹ В. А. Кутовой²

А. В. Присный³

Национальный научный центр
«Институт экспериментальной
и клинической ветеринарной
медицины». Украина, Харьков

Национальный научный центр
«Харьковский физико-
технический институт» НАН
Украины

Белгородский государственный
университет, Россия, Белгород

E-mail: kutovoy@kipt.kharkov.ua

Представлены результаты исследований физического способа подавления биологической активности членистоногих (Arthropoda): насекомых (Insecta), паукообразных (Arachnoidea), клещей (Acarina - Acariformes). Разрабатываемый метод дезинсекции зерна основан на облучении его электромагнитным полем. При реализации высокочастотной технологии в камере облучения создаются предпосылки для уничтожения амбарных вредителей. Высокая эффективность уничтожения вредителей зерна достигается при полной экологической безопасности данного метода.

Ключевые слова: зерно, амбарные вредители, дезинсекция, высокочастотное электромагнитное поле.

Введение

Эколого-фаунистические исследования зернохранилищ, комбикормовых заводов, элеваторов и зерноперерабатывающих предприятий Украины и юга России дали возможность выявить более 100 видов связанных с ними членистоногих. Наиболее распространенными являются долгоносики (*Curculionidae*), чернотелки (*Tenebrionidae*), притворяшки (*Ptinidae*), кожееды (*Dermestidae*), точильщики (*Anobiidae*), а также настоящие моли (*Tineidae*). В результате жизнедеятельности членистоногих, теряется до 30 % зерна. Загрязненное зерно может содержать значительное количество токсических веществ: кантаридин, микотоксины, соли мочевой и щавелевой кислот и др., которые могут быть причиной тяжелых хронических заболеваний и даже гибели человека и домашних животных.

Защита собранного урожая зерновых культур от вредных насекомых относится к разряду мировых проблем. В настоящее время она решается в основном химическим способом, который входит в противоречие с экологическими требованиями к зернопродуктам.

Химическая дезинсекция внутренней поверхности хранилищ, зерна, территории зерноперерабатывающих предприятий проводится по технологии контактного воздействия при помощи химических препаратов. После такой обработки, продукция длительное время содержит остатки химических веществ и может использоваться после того, как их концентрация станет ниже МДУ (максимально допустимого уровня). В соответствии с международными соглашениями наличие в зерне остатков пестицидов полностью исключает возможность его экспорта.

Химический способ обработки зерна фостоксином представляет потенциальную опасность для здоровья животных. Заболевания и гибель животных, которым скармливали зерно, не прошедшее установленного режима дезактивации, наблюдались достаточно часто. Проведенные нами опыты подтвердили, что при скармливании лабораторным животным (белые мыши) зерна, дезактивированного в течение 10 суток, наблюдается гибель 80–100 % подопытных животных. При современных технологиях перевозки и обработки больших масс зерна создается реальная угроза его недостаточной дезактивации и, следовательно, не только потери продуктивности, но и гибели живот-



ных. Отсутствие у насекомых постоянной температуры тела и зависимость их жизни от температуры окружающей среды позволяют использовать в качестве средств борьбы с ними температурный фактор. Тот факт, что молекулы воды, входящей в состав всех биологических объектов, полярны, делает их чувствительными к электромагнитному полю. Степень нагревания живого тела электромагнитным полем зависит от количества содержащейся в нём воды. Содержание воды в телах насекомых значительно выше, чем в зерне или продуктах его первичной переработки, поэтому скорость их нагрева будет выше. Избирательный перегрев насекомого в зерне до температуры 48-60 °С вызывает его гибель. Высокочастотная технология обработки кормов и продуктов с целью уничтожения микрофлоры и фауны наиболее привлекательна, так как не приводит к загрязнению зерна [1, 2]. Изучение воздействия электромагнитного поля на насекомых свидетельствует о том, что в данном случае летальность у насекомых непосредственно коррелирует с длительностью экспозиции [3, 4].

Насекомые, имеющие более высокую структурную организацию организма, сильнее подвержены воздействию энергии высокочастотного излучения и прогреваются практически мгновенно, в то же время зерно не успевает нагреться до критических температур. Летальный исход у насекомых, связываемый обычно с поражением нервной системы, во многом зависит от используемых частот и напряженности электромагнитного поля. Установлено, что при относительно небольших дозах высокочастотного излучения наблюдается стерилизация самцов, что приводит к нарушению размножения популяции в биотопе [5]. Высокочастотная энергия разной интенсивности вызывает нарушение структуры и функции нервных клеток, которые не всегда интерпретируются как чисто тепловые. Наиболее отчетливо реакции клеток мозговой ткани проявляются в случаях использования импульсного излучения в диапазоне частот 150-450 МГц и частотой следования импульсов 1-50 Гц при поверхностной плотности высокочастотного излучения $\Phi = 0.1-1 \text{ МВт/см}^2$ [6, 7].

Результаты исследования

С целью уничтожения вредителей проведен комплекс научно-исследовательских работ, направленный на создание высокочастотного метода обработки зерна. Мощность, которая передается электромагнитным полем к материалу, пропорциональна частоте, квадрату напряженности поля и коэффициенту диэлектрических потерь. Высокочастотная мощность W_n , поглощается зерном W_1 , и амбарной фауной W_2 .

$$W_n = W_1 + W_2 = k \cdot f \cdot (E_1^2 \cdot \text{tg} \delta_1 + E_2^2 \cdot \text{tg} \delta_2), \quad [1]$$

где E_1 и E_2 – напряженности электрического поля в зерне и в амбарной фауне; $k = 5,561 \cdot 10^{-11}$ – постоянная затухания, f – частота электромагнитного поля, Гц; δ_1 и δ_2 – углы диэлектрических потерь в зерне и амбарной фауне.

Температура материала, который обрабатывается высокочастотным электромагнитным полем, растет со скоростью [8].

$$\frac{dT}{dt} = 0,239 \frac{P_{\text{погл}}}{c\rho} \quad (2)$$

где T – температура нагревания тела, К; t – время, с; $P_{\text{погл}}$ – поглощаемая мощность, Вт; c – теплоемкость материалу, $\frac{\text{Дж}}{\text{г} \cdot \text{град}}$; ρ – плотность материалу, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Из результатов исследования установлено, что на частоте 2450 МГц при удельной мощности поглощения зерном 0.82 Вт/см² в непрерывном режиме происходит 100% гибель насекомых, влажность зерна 14% (рис. 1).

При этом максимальная температура нагревания зерна с влажностью 14% не превышала 40°C (рис. 2).



Рис. 1. Объяснения в тексте

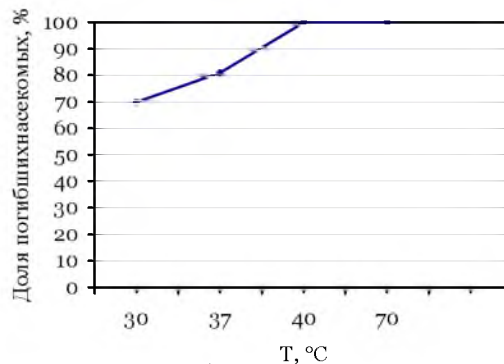


Рис. 2. Объяснения в тексте

На рис. 3 приведено изменение температуры зерна влажностью 14% от времени, мощность излучения электромагнитного поля частотой 2450 МГц, соответствовала 0.82 Вт/см², режим облучения непрерывный. 100 %-ная гибель насекомых в зерне влажностью 14% происходит после 90 сек облучения высокочастотным полем частотой 2450 МГц, мощность излучения электромагнитного поля 0.82 Вт/см² (рис. 4).

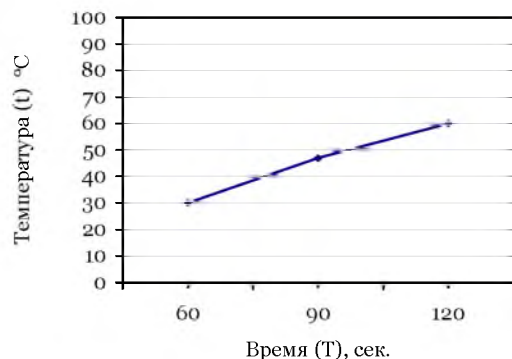


Рис. 3. Объяснения в тексте

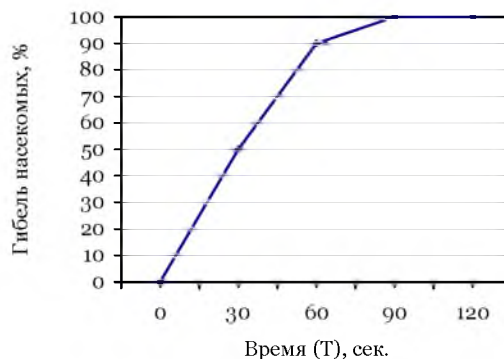
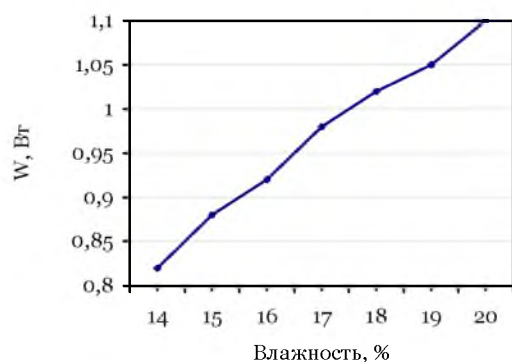


Рис. 4. Объяснения в тексте

Зависимость поглощения высокочастотной мощности зерном в зависимости от влажности приведена на рис.5, время облучения 120 сек. Измерения показывают, что с уменьшением влажности зерна происходит убывание поглощения высокочастотной мощности зерном.



Летальность у насекомых коррелировалась с экспозицией. Повышение экспозиции обработки зерна с 5 до 45-90°С. способствовало увеличению количества погибших насекомых с 68 до 100%. Таблица 1. Температура зерна при этом не превышала 40-50°С.

Рис. 5. Объяснения в тексте

Также проводились исследования воздействия электромагнитного излучения с частотой 47.7 МГц в импульсном режиме на амбарных вредителей. При использовании генератора электромагнитного излучения для дезинсекции зерна с частотой 47.7 МГц биологический эффект связан с мощностью потока излучения и амплитудой напряженности электромагнитного поля. Время экспозиции при этом практически не влияло на увеличение летального исхода среди насеко-



мых. Так, например, при увеличении напряженности электромагнитного поля с 5.5 до 8.5 и 10.5 кВ/см летальность насекомых увеличивалась при экспозиции 60 секунд. Следует отметить, что установка работала в импульсном режиме - 2 импульса в секунду. В то же время при $U = 10.5$ кВ/см увеличение экспозиции с 5 до 60 секунд практически не сказывалось на летальности в отношении насекомых (табл. 2).

Таблица 1

Воздействие высокочастотного излучения с частотой 2450 МГц на *Sitophilus granarius*. Характер излучения непрерывный

№п/п	Экспозиция сек.	Удельная мощность, Вт/см ²	Смертность(%)
1	5	2.8	63.8
2	10	2.8	80.0
3	15	2.8	83.0
4	30	2.8	97.1
5	60	2.8	100
6	90	1.0	100

Таблица 2

Действие высокочастотного излучения с частотой 47.7 МГц на амбарных вредителей вида *Sitophilus granarius*. Характер излучения – импульсный, с частотой следования 2 имп/с

№ п/п	Экспозиция, сек.	U, кВ/см	Интенсивность потока энергии, Дж/см ² в импульсе	Уровень смертности вредителей, %
1	5	10.5	0.940	85.5 + 8.0
2	10	10.5	0.940	96.2 + 2.7
3	20	10.5	0.940	89.3 + 8.9
4	60	10.5	0.940	71.3 + 11.8
5	60	8.5	0.615	53.8 + 4.4
6	60	5.5	0.254	42.5 + 28.9
7	5	12	1.08	95
8	5	15	1.2	100

Приведенные в табл.2 данные дают основание для предположения о том, что увеличение напряженности электромагнитного поля до 12-15 кВ/см на частоте 47.7 МГц позволит уничтожить до 95-100 % членистоногих, обитающих в массе зерна. Зерно при этом практически не нагревается.

Заключение

Высокочастотная технология обработки зерна позволяет вести борьбу со многими вредителями кормов и является наиболее безопасным способом с экологической точки зрения.

Результаты исследования показывают, что для успешной дезинсекции зерна на частоте 2450 МГц необходима удельная мощность поглощения 0.8-1 Вт/см², при этом продолжительность обработки должна быть не более 90 секунд. С увеличением высокочастотной мощности можно уменьшит время облучения.

Различные диапазоны высокочастотного излучения отличаются по характеру биологического воздействия на членистоногих. При воздействии электромагнитного поля на частоте 47.7 МГц в импульсном режиме наблюдается коррелятивная зависимость между уровнем смертности и используемой амплитудой высокочастотного излучения. Экспозиция (время воздействия) может быть достаточно короткой – в пределах 5–10 секунд.

Высокочастотная энергия – это удобный источник энергии для промышленной дезинсекции зерна.

Литература

1. Малінін О.О., Міщенко О.О., Кудан О.Т., Пономаренко О.В., Кутовий В.О. Дослідження можливості електромагнітної дезінсекції зерно продукції. Журнал Ветеринарна медицина. – 2005. – Т. 1. – № 85. 2005. – С. 744-748.
2. Basteev A.V., Bazyma L.A., Kutovoy V.A.. Complex High-Frequency Technology for Protection of Grain Arain Against Pests // Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energi. – 2000. – Vol. 35. – № 2. – P. 179-184.
3. Бастеев А.В, Базыма Л.А., Кутовой В.А. и др. Высокочастотная технология защиты зерна // Защита и карантин растений. – 2000. – № 1. – С. 38-39.
4. Basteev A.V., Bazyma L.A., Kutovoy V.A., Complex High-Frequency Technology for Protection of Grain Arain Against Pests // Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energi. – 2000. – Vol. 35, № 2. – P. 179-184.
5. Влияние СВЧ-излучений на организм человека и животных. – Л.: Медицина, 1970. – 230 с.
6. Исмаилов Э.Ш.. Биофизическое действие СВЧ-излучений. – М.: Энергоиздат, 1987. – 220 с.
7. Кудряшов Ю.Б.. Биофизические основы действия микроволн. – М: МГУ, 1980. – 160 с.
8. СВЧ - энергетика. – М.: Мир, 1971. – 272 с.

STUDY OF A POSSIBILITY OF APPLICATION OF HIGH-FREQUENCY RADIATION FOR DESINSECTION OF GRAIN

A. A. Mistchenko¹ A. T. Kutsan¹

O. A. Malinin¹

B. T. Stegny¹ V. A. Kutovoy²

A. V. Prisky³

¹ National centre of science «Institute of experimental and clinical veterinary medicine». Ukraine, Kharkov

² National centre of science «Kharkov institute of physics and technology» NAS of Ukraine

³ Belgorod State University, Pobedy St., Belgorod, 308015, Russia

E-mail: kutovoy@kipt.kharkov.ua

The results of researches for a physical way of suppression of biological activity of arthropods (Arthropoda), insects (Insecta), Arachnida class (Arachnoidea) - Acarina order (Acarina -Acariformes) are submitted. The method of disinsection of grain under development is based on the irradiation of grain by an electromagnetic field. At realization of a high-frequency technology in the chamber of irradiation the preconditions for the destruction of granary pests are created. A high efficiency in the destruction of the pests of grain is reached in common with a complete ecological safety of the given method.

Key words: grain, granary pests, disinsection, high-frequency electromagnetic field.